

УДК 621.81

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ АЭС

**А. М. Балдин¹, А. В. Куртеев², К. Е. Орлов³,
М. М. Севастьянов⁴, О. Л. Ташлыков⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ mikas45@mail.ru

Аннотация. В работе представлена разработанная и сконструированная система мониторинга напряженно-деформированного состояния металлоконструкции и принцип ее работы. Приведены результаты экспериментов, проведенных в рамках настоящей работы, проверена работоспособность системы, определена ее чувствительность, построены функции зависимости показаний системы от механических напряжений. Подтверждена возможность применимости разработанной системы для мониторинга состояния элементов АЭС в рамках обеспечения надежности и безопасности.

Ключевые слова: безопасность АЭС, неразрушающие методы контроля, мониторинг, магнитная проницаемость, металлоконструкции

SYSTEM OF STRESS-STRAIN BEHAVIOR MONITORING OF METAL STRUCTURES OF NPP

**A. M. Baldin¹, A. V. Kurteev², K. E. Orlov³,
M. M. Sevastyanov⁴, O. L. Tashlykov⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ mikas45@mail.ru

Abstract. The developed and constructed system for monitoring the stress-strain behavior of a metal structures and the principles of its operation have been presented. The results of carried out experiments have been presented, the operability of the system and the reliability of its readings have been confirmed and the dependences

of the monitoring system's readings on the mechanical loading has been obtained. The applicability of the developed system for monitoring of condition of NPP elements for safety and reliability assurance has been confirmed.

Keywords: NPP safety, non-destructive testing methods, monitoring, magnetic permeability, metal structures

Общей целью обеспечения безопасности при эксплуатации атомной станции (АС) является надежная защита населения и окружающей среды от недопустимого радиационного воздействия. Основной целью технической безопасности является предотвращение с высокой степенью надежности возникновения аварий и крупных неполадок на АС [1]. Важную роль для обеспечения безопасности атомной электростанции (АЭС), своевременного принятия мер по предотвращению отказов и аварийных ситуаций играют системы диагностики и мониторинга состояния оборудования, трубопроводов и сооружений на всех этапах жизненного цикла АЭС. Техническое диагностирование должно проводиться в процессе эксплуатации и ремонта в целях поддержания установленного уровня надежности, обеспечения требований безопасности и эффективности использования оборудования и должно быть направлено на решение следующих взаимосвязанных задач:

- 1) определение вида технического состояния;
- 2) поиск места отказа или неисправностей;
- 3) прогнозирование технического состояния.

Безопасность эксплуатации во многом зависит от качества технического обслуживания и ремонта систем и оборудования АС. Техническое обслуживание и ремонт систем и оборудования осуществляются в целях поддержания их технического состояния и надежности на заданном уровне, обеспечения соответствия атомной станции требованиям безопасности в течение всего срока эксплуатации [2].

В последние годы большой интерес проявляется к магнитным методам контроля, основанных на связи магнитных параметров конструкций с механическим напряжением металла. Подобные методы оценки механического напряжения и напряженно-деформированного состояния (НДС) металла обладают рядом важных преимуществ по сравнению с другими методами контроля. Это неразрушающее действие и возможность осуществления контроля практически при

любых условиях эксплуатации исследуемого оборудования и дистанционного контроля с мониторингом НДС металла в процессе его эксплуатации.

Наиболее важным является применение подобного метода контроля при диагностике корпусного оборудования и металлоконструкций, обладающих значительными габаритными размерами и металлоемкостью (объекты энергетики, добычи нефти и газа, сети трубопроводов различного назначения и т. д.), для которых ранняя диагностика повреждений металла существенно снижает риски их внезапного разрушения, последствия которых наносят существенный ущерб экономике и окружающей среде [3].

Настоящие проблемы могут быть решены при использовании магнитного контроля НДС металла, основанного на применении эффекта Форстера, согласно которому магнитная проницаемость образца металлоконструкции зависит от направления и интенсивности действующих в образце механических напряжений, обладающего высокой магнитоупругой чувствительностью и локальностью контроля НДС металла стального изделия, металлоконструкции [4].

В связи с этим было произведено исследование, разработана конструкция устройства и методика локального магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металла, в частности элементов корпусного оборудования и металлоконструкций.

Предлагаемое устройство мониторинга напряженно-деформированного состояния металлоконструкций (рис. 1) позволяет выполнять измерения в условиях двухосного напряженного состояния, что позволяет определять направление и величину как статических, так и динамических нагрузок, благодаря чему появляется возможность мониторинга напряженно-деформированного состояния строительных конструкций, мостов, зданий, оборудования и т. д.

Методы магнитного контроля металлических элементов и конструкций являются неотъемлемой частью обеспечения безопасности при эксплуатации и ремонте АЭС и других промышленных объектов. Метод мониторинга НДС, основанный на использовании эффекта Форстера, действительно является одним из наиболее перспективных методов такого типа на данный момент. В рамках этого исследования была разработана и построена такая система мониторинга НДС.



Рис. 1. Устройство для мониторинга напряженно-деформированного состояния металлоконструкций АЭС

По результатам проведенных экспериментов такая система мониторинга показала работоспособность, стабильность, точность и пропорциональность показаний в зависимости от механической напряженности проверяемых конструкций. Благодаря этим качествам предлагаемая система мониторинга НДС может быть эффективно использована на объектах, где требуется высокоточный контроль напряженно-деформированного состояния.

Список источников

1. Константинов В. Д. Техническая эксплуатация АЭС и ПНК. М. : МГТУ ГА, 2013. С. 17–21.
2. Агинеи Р. В., Теплинский Ю. А., Кузьбожев А. С. Оценка напряженного состояния стальных трубопроводов по анизотропии магнитных свойств металла // Контроль. Диагностика. 2004. № 8. С. 22–24.
3. Универсальный магнитный сортировщик и его применение для решения задач неразрушающего контроля / С. Г. Сандомирский [и др.] // Контроль. Диагностика. 2004. № 8. С. 27–31.
4. Акустические методы и средства исследования напряженно-деформированного состояния металла конструкций и сооружений / А. А. Самокрутов [и др.] // В мире неразрушающего контроля. 2005. № 1 (27). С. 22–26.